

オーストラリア南極局における外来種持ち込み防止対策

辻本 恵^{1*}・伊村 智^{1,2}

Biosecurity measures being implemented at Australian Antarctic Division against non-native species introduction into Antarctica

Megumu Tsujimoto^{1*} and Satoshi Imura^{1,2}

(2012年10月22日受付；2012年12月10日受理)

Abstract: From February 15th to 23rd in 2009, the authors surveyed biosecurity measures being implemented at Australian Antarctic Division (AAD) against non-native species introduction into Antarctica. By visiting facilities and conducting interviews, the authors managed to understand the entire system of the biosecurity measures and management policies at AAD and the situation on the ground in four topics, 1. Management of equipment and machinery, 2. Management of expeditioners' clothing and gear, 3. Management of cargo, and 4. Education on expeditioners. This study demonstrated AAD strongly recognizes the risk of transporting non-native species into Antarctica in association with various activities of the Antarctic program thus has implemented comprehensive management policies with a range of meticulous measures to minimize the risk through the management of equipment, gear, clothing, cargo and the education of expeditioners. The thorough education on the risk of biological invasion in Antarctica and thereby the importance of the biosecurity measures for the expeditioners and staff conducted at AAD in particular was considered highly effective. Consideration and development of the organizational biosecurity measures for the JARE operations based upon the data presented in this study is recommended to promote the conservation of the pristine ecosystem in and around Syowa Station in Antarctica.

要旨: 2009年2月15日から23日にかけて、オーストラリア南極局（AAD: Australian Antarctic Division, 以下同様）で取り組まれている外来種持ち込み防止対策に関する調査を行った。(1) 機材の管理, (2) 装備品の管理, (3) 積荷の管理, (4) 観測隊員への教育の4項目について施設見学やインタビューを行い、現場の状況と外来種持ち込み防止対策システムの全容を把握した。本調査により、AADでは南極における観測・設営活動に伴う外来種持ち込みの危険性を強く認識し、機材や装備品、積荷の管理から観測隊員への教育まで、細部にわたり包括的な外来種持ち込み防止対策を講じていることが明らかとなった。特にAADで徹底されていた職員や観測隊員への教育活動は、我が国の南極観測事業においても極め

¹ 情報・システム研究機構国立極地研究所. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, Midori-cho 10-3, Tachikawa, Tokyo 190-8518.

² 総合研究大学院大学複合科学研究科極域科学専攻. Department of Polar Science, School of Multidisciplinary Sciences, The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), Midori-cho 10-3, Tachikawa, Tokyo 190-8518.

* Corresponding author. E-mail: tsujimoto@nipr.ac.jp

て有効な手段であると考えられる。本調査結果を参考にした組織的な外来種持ち込み防止対策の立案により、昭和基地周辺の貴重な生態系の保全につながることが望まれる。

1. はじめに

外来種の導入また侵入は、南極の生物多様性や独自の生態系を脅かすという点で、現在南極域で最も懸念されている問題の一つとなっている (Frenot *et al.*, 2005)。なかでも、各国の観測・輸送活動や観光事業での訪問により非意図的に持ち込まれる外来種の危険性は、近年様々な報告で指摘されている (Bergstrom and Chown, 1999; Chown *et al.*, 2012a; Hughes *et al.* 2010; Lee and Chown, 2009a, b; Tsujimoto and Imura, 2012; Whinam *et al.*, 2005)。実際に訪問者が集中している南極半島域では、ここ数年間で新しい外来種の定着に関する報告が相次いでいる (Olech and Chwedorzewska, 2011; Smith and Richardson, 2011)。また、すでに南極域の一部で報告されると共に今後の進行が予測されている温暖化は、今後新しい外来種の定着や分布拡大を加速させ、外来種による南極固有の生態系への影響はさらに拡大すると予想されている (Chown *et al.*, 2012a; Molina-Montegro *et al.*, 2012)。

南極の環境や生態系の保護を目的として 1998 年に発効した「環境保護に関する南極条約議定書」において、南極条約地域への外来種の持ち込みは原則的に禁止されている (SATCM: Special Antarctic Treaty Consultative Meetings, 1991)。先駆的に外来種対策に関する取り組みを進めてきたオーストラリア (Potter, 2006, 2009) に加えて、数年前からイギリスの南極観測活動や、南極半島を中心とした南極観光業でも様々な取り組みが始まっている (IAATO: International Association of Antarctica Tour Operators, 2011; 辻本, 2010; United Kingdom, 2009)。このような状況下で、南極観測実施責任者評議会 (COMNAP: Council of Managers of National Antarctic Programs) は南極研究科学委員会 (SCAR: Scientific Committee on Antarctic Research) のアドバイスのもと、観測事業を行っている各国の物資輸送および管理を担当する責任者に向け、外来種持ち込みの危険性を最小限に抑えるための防止対策行動案を提示し、各国に自発的な外来種対策の取り組みを推奨している (COMNAP and SCAR, 2011)。現時点で日本の南極観測事業においては、観測隊員に向けた講義の中で装備品などに付着して外来種が持ち込まれる危険性を示して注意を喚起するほか、2012 年からスチールコンテナの洗浄を開始しているが、日本南極地域観測隊 (JARE: Japanese Antarctic Research Expedition) としての組織的な指針は打ち出していない。

オーストラリアは南極大陸の三つの基地 (Mawson, Davis, Casey) を保持するとともに、世界遺産に登録されている亜南極のマッコリー島にも観測基地を設け、主にこれら 4 観測拠点において南極観測事業を展開している (Australian Antarctic Division, 2012a)。オーストラリアの南極観測活動 (AAP: Australian Antarctic Program, 以下同様) はすべて、オーストラリア政府の環境・持続可能性・水資源・人口・地域社会省 (Department of Sustainability,

Environment, Water, Population and Communities) 所属の AAD で管理・運営を行っており、AAP では年間およそ 300 名の観測隊員が南極域の各拠点に上陸し、およそ 5000t の物資が基地運営及び維持、観測活動のため南極域に運ばれている。

気候が比較的温暖な亜南極域は、南極地域の中でも外来種の導入や侵入の影響を受けやすく、報告例も多い (Frenot *et al.*, 2005)。特に亜南極に位置するマッコリー島を中心としてオーストラリアの観測拠点においては、1800 年代以降の人間活動により意図的または非意図的に持ち込まれた外来種が数多く確認され、在来の動植物が壊滅的な被害を受けてきた例もある (Bergstrom *et al.*, 2009, Copson and Whinam, 1998, 2001; Costin and Moore, 1960; Hughes *et al.*, 2005, Jones, 1977; Pugh, 1994; Rounsevell, 1978; Scott and Kirkpatrick, 2008; Skira, 1978; Skira *et al.*, 1983; Skotnicki *et al.*, 2003)。このような状況を受けて AAD では、観測事業によって外来種の繁殖体 (種子, 生きた昆虫・卵, 菌類など) が南極へ運ばれる危険性をいち早く認識し、どのようなシステムにおいてより危険性が高いかなどの現状分析に努めると共に、具体的な防止対策を考案し実施してきた (Copson and Whinam, 2001; Parks and Wildlife Service, 2006; Potter, 2006, Whinam *et al.*, 2005)。本研究では、AAD における外来種持ち込み防止対策の具体的な取り組みの詳細を、現地調査及び取材により明らかにした。近い将来、我が国の南極観測において外来種持ち込み防止対策を考案するにあたり、本稿の内容が貴重な参考資料となることが期待される。

2. Australian Antarctic Division における調査の概要

2009 年 2 月 15 日から 23 日にかけて、オーストラリア・タスマニア州の AAD において外来種持ち込み防止対策に関する調査を行った。本調査では、外来種持ち込み防止対策に係わる施設を見学すると共に、関係者へのインタビューを通じて、現場の状況と外来種持ち込み防止対策システムの全容を把握することに努めた。調査内容は、(1) 機材の管理、(2) 装備品の管理、(3) 積荷の管理、(4) 観測隊員への教育の 4 項目とした。機材の管理についてはキングストンにある AAD 本部の研究・管理棟に隣接する Kingston warehouse (キングストン倉庫)、装備品の管理についてはキングストン倉庫内に設置された “Clothing Store” (現在の “Expeditioner Kitting Centre”) やホバート港に停泊していた南極観測船「オーロラ・オーストラリス」号、積荷の管理についてはホバート港マッコリー埠頭に AAD が保持する Cargo Centre (貨物センター) で、それぞれ訪問調査を行うと共に各施設の担当責任者 (2009 年当時) にインタビューを実施した。観測隊員への教育については AAD の “Environmental Manager” からインタビュー形式で詳細を取材すると共に、観測隊員向けの講義に立ち会った。

3. 外来種持ち込み防止対策

3.1. 機材の管理

AAPの活動で使用する様々な機材の多くは、キングストーンにあるAAD本部内のキングストーン倉庫に集積・保管される(図1)。倉庫では潜水調査など特殊なプロジェクトの野外観測機材とともに、キャンプ用品(テント、シュラフ、ストーブ、コックヘル等)やスキー板、ストックなどのフィールド機材を保管し、毎年計画される野外観測プロジェクトに応じてそれぞれ必要な機材を観測隊員に貸し出している。南極で使用している設営・運営機器の修理や補修用の部品の管理などもここで行われ、必要に応じて南極に持ち出される。観測・設営プロジェクトに必要な機材の集積・梱包作業も、主にこの倉庫で行われる。これら南極に持ち込まれる機材は、プロジェクト終了後に倉庫に戻され、ここで廃棄あるいは業者に返却、または再利用のための保管などの処理が進められる。倉庫から南極に持ち込む機材については、出荷前にすべて倉庫内の洗浄場で洗浄され、付着物の検査を受けてから船に積み込まれる。

キングストーン倉庫では、オーストラリア国内訓練用の機材は南極活動用と区別して保管されている。国内訓練用には、バギー、ボート、電動モーター、スキー板、キャンプ用品、ロープなど、救助訓練も含めた訓練に必要な機材がほぼすべて備えられている。これらの機材はタスマニア州内で使用され、南極に持ち出されることはない。新品で南極に持ち出されたバギーやボートなどは、数年間現地で使用された後にAADへ戻され、洗浄後に国内訓練用と



図1 キングストーン倉庫内の棚に観測・設営機材が保管されている様子

Fig. 1. Equipment and machinery stored on the shelves at the Kingston warehouse.

して利用されている。国内訓練に個人の機材や装備品を利用する場合には、それらを南極に持ち込む前にすべて洗浄することを隊員に義務付けている。

南極に運ぶほとんどの機材はこの倉庫で保管しているが、一部の機材は、観測船が停泊するホバート港マッコリー埠頭において業者が直接船に積み込む。その場合においても、南極に持ち込むすべての積荷は付着物の検査を受け、必要に応じて洗浄を行ってから積み込んでいる。南極で使用後に修理のためオーストラリアへ戻した大型車両は、修理終了後、洗浄済みの状態でキングストン倉庫に保管されているが、南極へ持ち出す際には再度洗浄し、検査を受けてから船に積み込まれる。

3.2. 装備品の管理

AAP に選ばれた観測隊員は、それぞれ南極での任務及び滞在期間に応じて、必要な装備品はすべてAAD から貸与（一部は支給）される。これらの装備品はキングストン倉庫内に設置されたClothing Store で保管している（図2）。Clothing Store で管理している装備品は、ブーツ、靴下、保温性インナー、ズボン、フリース製品、シャツ、防水ジャケット及びパンツ、ベスト、ダウンジャケット、作業用つなぎ、帽子、サングラス、ゴーグル、ネックゲーター等で、様々な観測・設営内容に応じた種類やサイズを豊富に揃えている。ここでは年間およそ500名の観測隊員（海洋観測プロジェクトの隊員も含む）に装備品を配布している。一部を除き、それらの装備品はすべて任務完了後にAADに戻ることが義務付けられている。多くの装備品は次シーズン以降も再度利用するが、靴下、手袋、サーマルインナーなど体に直接接触れる製品については再利用は行わず、新品が支給される。



図 2 Clothing Store のカウンターで観測隊員が試着をしながら必要な装備品を揃えている様子
Fig. 2. An expeditioner prepares the clothing and gear at the Clothing Store counter.

Clothing Store では装備品の配布と共に管理も行っている。AAD では隊員の装備品に付着して外来種が南極に持ち込まれる危険性を強く認識しており、その危険を最小限に食い止めるため、いくつか対策を講じている。その一つは、装備品への付着物を徹底的に除去することである。隊員に支給した装備品はそれぞれ活動終了後にキングストーン倉庫へ戻される。戻された装備品は品目ごとに仕分けされた後、すべて洗浄に出される。洗浄終了後の装備品は、AAD スタッフが付着物の有無を検査した後に Clothing Store の棚に戻される。また、それらの装備品を隊員に配布する際にも、靴の底やポケット、マジックテープなど、種子・昆虫などの繁殖体が土やほこりと共に付着しやすい場所を AAD スタッフが再検査している。なお、マジックテープには種子などの繁殖体が付きやすく、外来種持ち込みの危険性が高いことが分かって以降 (Whinam *et al.*, 2005), AAD ではマジックテープがあまり用いられていない製品を選ぶようにしている。また AAD では Clothing Store における装備品の配布時に加えて、出発前に開催する講義や配布するハンドブックなどにおいても、すべての観測隊員へ、装備品に付着して外来種が南極に持ち込まれる危険性への注意を喚起すると共に、配布する装備品の使い方や個人所有の装備品の利用について詳細な対策指針を示している (3.4 節参照)。

AAD では Clothing Store における装備品の管理に加えて、南極上陸前の外来種持ち込み防止対策や現地でのクロス・コンタミネーション防止対策も行っている。観測隊員や船員が南極に持ち込むすべての装備品は、上陸活動開始前に船内の実験室において検査及び付着物除去作業が行われる。これらの作業は南極半島観光船で取り組まれている対策 (辻本, 2010) と同様の内容であり、7-8 名ごとに作業場である実験室に集まり、(1) 殺菌剤とブラシを用いた靴の洗浄、(2) 南極圏に持ち込むすべての衣類のポケットやリュック内の吸引 (掃除機を使用) (3) マジックテープの付着物の除去 (ピンセット等を使用) を行い、最後に検査を受けたことの署名を行うことで検査終了としていた。これらの作業に必要な物資は、AAP で利用するすべての船舶に常備し、ホバートへの帰港時に消耗品などを随時補充している。また現在では、調査地と基地間の移動の際にも、装備品の洗浄や付着物除去を観測隊員に義務付けている。

靴底や靴紐の網目などには土壌などが付着・蓄積しやすく、種子や微小動物、菌類などの外来種を大量に運ぶ危険性がある (Ware *et al.*, 2011; Whinam *et al.*, 2005) ことから、長靴や登山靴による外来種の持ち込みは特に警戒されている。生物分解性の殺菌・殺ウイルス剤として世界中で広く利用されている Virkon[®] は、海水や低温でも効果が確認されている上に毒性が低く、使いやすく安価でもあるため、南極における靴類の殺菌剤として最も適していると考えられている (Curry *et al.*, 2005)。Virkon[®] は南極半島観光船において観光客が上陸時に使用する長靴の洗浄用殺菌剤としても推奨され (IAATO, 2011)、実際に多くの観光船で使用されている。AAD でも、南極上陸前の船内における靴の洗浄にこの Virkon[®] を用いていた。また、筆者らが調査を行った 2008/09 シーズン前半には、マッコリー島において在来植物



図 3 装備品・機材を殺菌するための道具を一まとめにした観測隊員用の殺菌キット

Fig. 3. Expeditioner Disinfection Kit.

に原因不明の立ち枯れが見つかった。島内での人為的活動による菌のさらなる感染拡大を防止するため、マッコリー島内で活動を行う観測隊員は、すべての装備品及び機材を使用するたびに現地でスプレー瓶に入れた Virkon® を噴霧し、殺菌を行うよう指導を受けていた。AAD における本対策では、Virkon® の錠剤、融解用水ボトル、スプレー瓶、スクラブブラシ、ゴーグルなどをまとめた“Expeditioner Disinfection Kit”（図 3）を用意し、マッコリー島に赴く観測隊員全員に配布すると共に、“Environmental training”において必要性や使い方について説明していた。

3.3. 輸送物資の管理

現在、AAP では観測隊員の大陸間移動に航空便エアバス A319-115LR も利用しているが、航空便で運ばれる積荷は非常に限られており、ほとんどの積荷は船便で南極に輸送している (Australian Antarctic Division, 2012a)。南極に運ばれる輸送物資は空輸物資も含め、出国前にすべてホバート港マッコリー埠頭の貨物センターへ集積され、一元的に管理される (図 4)。貨物センターでは、業者やキングストン倉庫から送られてくる積荷の仕分け (目的地、観測・設営内容、期間ごとに分別)、一時保管から積み込みまでの管理作業を行っている。南極から戻される物資も到着時に貨物センターで仕分け、一時保管などを行っている。

AAP で利用しているすべての輸送コンテナは、使用前に貨物センター内の洗浄場で内側も含めた全体を洗浄し、梱包後も観測船への積み込み前に外側を再度洗浄する。南極に持ち込むゴムボート、水陸両用車、大型車両、重機、ヘリコプターなどの車両及び船舶は国内で試運転を行うが、積み込む前にすべて洗浄され、付着物の有無を検査している。特に汚れが付きやすいことがわかっている輸送コンテナやガスボンベ、車両や重機などの機材 (Whinam



図 4 貨物センターの倉庫内に保管された積荷の様子
Fig. 4. Cargo stored in a shed at the Cargo Centre.

et al., 2005) については、キングストン倉庫や貨物センター内の洗浄場において、ブラシやスチーム洗浄機、高圧洗浄機を用いて事前に外側を洗浄してから積み込む (Potter, 2006)。また、南極に持ち込む生鮮食品については、土や昆虫などが付着していないことや新しい容器を用いることを業者との契約条件にしている。さらに、すべての生鮮食品は品目ごとに、出荷前の業者施設において Quarantine Tasmania (タスマニア検疫事務所) の検疫官による検査を受けており、その後密封容器を用いて船に直接積み込まれる。

貨物センターでは定期的に、殺虫剤 (Reslin[®] thermal fogging and ULV insecticide) をミスト散布することで倉庫内の積荷全体に生きた昆虫が付着するのを予防しており、補助的に捕虫器やネズミ捕り器も利用している。輸送活動のための作業が行われるシーズン中は、定期的にタスマニア検疫事務所の検疫官が訪問し、倉庫に保管されている積荷への付着物 (生物・土など) や、倉庫内にネズミや昆虫などがいないか確認を行っている。また、南極への出港前には貨物センター倉庫内の積荷と共に、AAP で用いる船舶に対しても検疫官による同様の検査が行われ、積み込まれた積荷や船体、船内の生物や付着物の確認をしている。倉庫内で上蓋を開けて作業途中のコンテナについては、作業時間外はビニールシートで開口部を覆うなど、できるだけ侵入物をなくす努力も見られた。

3.4. 観測隊員の教育

AAPに参加するすべての観測隊員は、南極出発前に Environmental training を受けることが義務付けられている (経験者は3年ごと)。これは環境保護に関する約1時間の講義で、



図 5 AAD 本部の一室で開催された Environmental training の様子
Fig. 5. Environmental training held in a room at the AAD Kingston Head Office.

訪問基地や期間，任務に応じたプロジェクトごとにAAD本部のオフィスで開催される（図5）．講義では南極条約環境保護議定書やAADの環境保護に関する施策及びシステムを紹介した後に，隊員の活動に係わる事項について詳細な説明を受ける．筆者らが参加した講義では，野生動物保護や廃棄物管理，省エネルギー対策，燃料管理などと併せて外来種の持ち込み防止対策が取り上げられ，南極観測活動において外来種が持ち込まれる危険性を紹介すると共に，AADでの取り組みについて説明がなされていた．外来種対策の内容は，外来性の昆虫を発見した際の対応と，船に乗り込む前や下船時の装備品の洗浄の徹底であった．AADでは，南極観測活動中に外来昆虫を発見した際には，各基地及び船舶に常備している“Alien Invertebrate Kit”（図6）で対象物を採取すると共に，“Incident reporting system”（外来種に限らず，環境保全に係わるすべての事象についてWeb上でAAD本部に報告するシステム）で報告することを隊員に義務付けている．Alien Invertebrate Kitを用いた採取とIncident reporting systemを組み合わせることで，外来種の駆除という対症療法のみならず，どこでどのような外来種が見つかったかという情報を収集し，外来種の持ち込みに対する効果的な予防措置の立案に生かしている．

観測隊員の装備品に対する外来種の付着物調査時に大量の種子が見つかって以来(Whinam *et al.*, 2005)，AADでは特に観測隊員の装備品の取り扱いに関して強く注意を喚起している．装備品に関する外来種持ち込み防止対策については，観測隊員に配布される“Expeditioner Handbook”（Australian Antarctic Division, 2012b）に詳細な記載があり，具体的な内容を以下に記す．



図 6 外来昆虫を発見した際に採集・保存・記録するための採集キット

Fig. 6. Alien Invertebrate Kit.

- ・AAD から支給される装備品は特別な訓練以外には南極出発前に使用しないこと。また、訓練で使用した場合には洗浄すること。
- ・個人所有の衣類や靴などの南極への持ち込み時には、梱包前に土や昆虫、種子などの付着がないことを確認する。
- ・ベルクロ（マジックテープ）や靴の中敷き、衣類の縫い目やポケットなどは種子などの外来種の繁殖体が溜まりやすい場所であり、特に注意を要する。
- ・すべてのポケットを掃除機で吸引し、すべての衣類は温水での洗濯を行うこと。
- ・靴は内側を掃除機で吸引し、外側はブラシなどを用いてよく洗い、土壌の付着がないことを確認する。
- ・地面に直接接触する靴底やカメラバッグ、カメラの三脚、リュックサックなどは漂白剤で全体を洗浄すること。

このように具体的な危険性と対処方法を詳しく提示することは、観測隊員の外来種持ち込みの危険性への理解を深め、また防止対策への協力を得る上で有効であると思われる。

4. おわりに

年々増加している南極への訪問者は、観光客だけでも 2011/12 シーズンにおよそ 3 万人が報告され、観測隊員では 2007/08 シーズンにすでに 7000 人を超えている (IAATO, 2012; Chown *et al.*, 2012a)。南極観測事業は拡大を続け、それに伴う外来種持ち込みの危険性も増大している (Chown *et al.*, 2012b; Frenot *et al.*, 2005; Tin *et al.*, 2009; Tsujimoto and Imura, 2012)。一度

定着した外来種を完全に除去することは極めて困難であり、独自の生態系において新しく定着した外来種を管理することは、生態学的にも、また経済的にも非常に難しいことが多数の事例と共に報告されている (Bergstrom *et al.*, 2009; Courchamp *et al.*, 2003; Gren, 2008; IUCN, 2000; Mack *et al.*, 2000; SATCM, 2011)。南極域における詳細な外来種防止対策・管理プログラムの立案と施行は、緊急の課題となっている (Chown *et al.*, 2012b; Hulme *et al.*, 2012)。

今回調査を実施した AAD では、4 箇所の観測基地に赴く約 200 名の夏隊員と約 80 名の越冬隊員、さらに夏期間の海洋観測プログラムの観測隊員を毎年南極域に送りこんでいる (Australian Antarctic Division, 2012a)。AAP による南極域への航海は年に多くて約 8 回あり、そのなかで約 5000t の積荷を南極へ輸送している。一方、日本南極地域観測事業を運営する国立極地研究所では、毎年約 35 名の夏隊員と約 30 名の越冬隊員に加えて、最大 20 名程度の同行者を年 1 回の航海で送り出している。日本南極地域観測隊 (JARE) の年間積荷輸送量はおよそ 1100t であり (Tsujimoto and Imura, 2012)、AAP の 5 分の 1 程度である。また、亜南極や海洋性南極での観測活動を行っていない JARE では、活動範囲においてこれまでに確認された外来種定着の報告は極めて少なく、外来種の侵入による生態系への深刻な被害は現在のところ報告されていない。

本調査により、AAD では南極における観測・設営活動に伴う外来種持ち込みの危険性を強く認識し、機材や装備品、積荷の管理から観測隊員への教育まで、多岐にわたる包括的な外来種持ち込み防止対策を講じていることが明らかとなった。様々な部門・過程での細部にわたる取り組みは、AAP の規模が大きく、活動範囲においてこれまで数々の外来種の定着・侵略の影響が報告されてきたことに起因していると考えられる。事業規模や運営システム、活動地域の自然環境が大きく異なるため、AAD で行われているすべての取り組みが日本の南極観測事業でも必要かつ実用的であるとは限らない。しかしながら、昭和基地周辺でも将来的な外来種定着の危険性は高い (Chown *et al.*, 2012a) と報告されている現在、日本の南極観測事業においても早急に組織的な外来種防止対策への取り組みが望まれる。

今回の調査で最も印象的だったのは、AAD では外来種を南極へ運ぶ可能性のあるあらゆる対象物に関して、可能な限りの過程において多面的な取り組みを実行していたことだけでなく、環境保全担当の職員のみならず、南極で利用する機材や装備品、南極へ輸送する積荷などを扱うすべての職員が観測事業による外来種持ち込みの危険性を強く認識し、それらの防止対策の重要性を理解していたことである。南極半島観光船においても、講義の実施により外来種問題に対する認識を高め、対策への理解を深めることで乗客からの円滑な協力が得られていた (辻本, 2010)。外来種の管理においては、責任の所在を明確にすることでより効果的に対策を進められると考えられている (Hulme *et al.*, 2008)。南極の地に降り立つすべての人員、また下ろされるすべての物資が、「外来種を運びうる可能性がある」という認識を持たせるための、職員や観測隊員への教育活動は極めて有効な手段であると考えられる。

国立極地研究所では、輸送に利用しているスチールコンテナに種子やダニなどが大量に付着して南極に持ち込まれる危険性が高いという報告 (Tsujiimoto and Imura, 2012) を受け、すでに高压洗浄機を導入し、スチールコンテナの洗浄を実施している。今後のさらなる柔軟かつ迅速な外来種持ち込み防止対策の立案及び実施が、国際社会における我が国の南極観測事業の発展と共に、昭和基地周辺の貴重な生態系の保全につながることを期待する。

謝 辞

オーストラリア南極局における調査では Sandra Potter 博士, Dana Bergstrom 博士, Leslie Frost 氏, Roger Knowles 氏, Simon Cash 氏, Stuart Pengelly 氏への取材及び資料提供に快くご協力いただきました。また本調査遂行にあたり、総合研究大学院大学から調査費用の支援をいただきました。深く感謝申し上げます。

文 献

- Australian Antarctic Division (2012a): 100 years of Australian Antarctic Division (online), http://www.antarctica.gov.au/_data/assets/pdf_file/0016/51064/AADBBrochure.pdf.
- Australian Antarctic Division (2012b): Expeditioner Handbook Australia's Antarctic Program, (online), http://www.antarctica.gov.au/_data/assets/pdf_file/0003/73785/Expeditioner-Handbook-FINAL-15-June-2012.pdf.
- Bergstrom, D.M. and Chown, S.L. (1999): Life at the front: history, ecology and change on southern ocean islands. *Trends Ecol. Evol.*, **14**, 472–477, doi: 10.1016/S0169-5347(99)01688-2.
- Bergstrom, D.M., Lucieer, A., Kiefer, K., Wasley, J., Belbin, L., Pedersen, T.K. and Chown, S.L. (2009): Indirect effects of invasive species removal devastate World Heritage Island. *J. Appl. Ecol.*, **46**, 73–81, doi: 10.1111/j.1365-2664.2008.01601.x.
- Chown, S.L., Huiskes, A.H.L., Gremmen, N.J.M., Lee, J.E., Terauds, A., Crosbie, K., Frenot, Y., Hughes, K.A., Imura, S., Kiefer, K., Lebouvier, M., Raymond, B., Tsujimoto, M., Ware, C., Van de Vijver, B. and Bergstrom, D.M. (2012a): Continent-wide risk assessment for the establishment of nonindigenous species in Antarctica. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, **109**, 4938–4943, doi: 10.1073/pnas.1119787109.
- Chown, S.L., Lee, J.E., Hughes, K.A., Barnes, J., Barrett, P.J., Bergstrom, D.M., Convey, P., Cowan, D.A., Crosbie, K., Dyer, G., Frenot, Y., Grant, S.M., Herr, D., Kennicutt II, M.C., Lamers, M., Murray, A., Possingham, H.P., Reid, K., Riddle, M.J., Ryan, P.G., Sanson, L., Shaw, J.D., Sparrow, M.D., Summerhayes, C., Terauds, A. and Wall, D.H. (2012b): Challenges to the future conservation of the Antarctic. *Science*, **337**, 158–159, doi: 10.1126/science.1222821.
- COMNAP and SCAR (2011): Non-native Species Voluntary Checklists, for Supply chain managers of National Antarctic Programmes for the reduction in risk of transfer of non-native species (online), <https://www.comnap.aq/Shared Documents/checklistsposter.pdf>.
- Copson, G. and Whinam, J. (1998): Response of vegetation on subantarctic Macquarie Island to reduced rabbit grazing. *Aust. J. Bot.*, **46**, 15–24, doi: 10.1071/BT96123.
- Copson, G. and Whinam, J. (2001): Review of ecological restoration programme on subantarctic Macquarie Island: pest management progress and future directions. *Ecol. Manage. Restoration*, **2**, 129–138, doi: 10.1046/j.1442-8903.2001.00076.x
- Courchamp, F., Chapuis, J.L. and Pascal, M. (2003): Mammal invaders on islands: impact, control and control impact. *Biol. Rev.*, **78**, 347–383, doi: 10.1017/S1464793102006061.
- Costin, A.B. and Moore, D.M. (1960): The effects of rabbit grazing on the grasslands of Macquarie Island. *J. Ecol.*, **48**, 729–732.
- Curry, C.H., McCarthy, J.S., Darragh, H.M., Wake, R.A., Churchill, S.E., Robins, A.M. and Lowen, R.J. (2005): Identification of an agent suitable for disinfecting boots of visitors to the Antarctic. *Polar Rec.*, **41**, 39–45, doi:

- 10.1017/S0032247404003961.
- Frenot, Y., Chown, S.L., Whinam, J., Selkirk, P.M., Convey, P., Skotnicki, M. and Bergstrom, D.M. (2005): Biological invasions in the Antarctic: extent, impacts and implications. *Biol. Rev.*, **80**, 45–72, doi: 10.1017/S1464793104006542.
- Gren, I.M. (2008): Economics of alien invasive species management—choices of targets and policies. *Boreal Environ. Res.*, **13**, 17–32.
- Hughes, K.A., Walsh, S., Convey, P., Richards, S. and Bergstrom, D.M. (2005): Alien fly populations established at two Antarctic research stations. *Polar Biol.*, **28**, 568–570, doi: 10.1007/s00300-005-0720-y.
- Hughes, K.A., Convey, P., Maslen, N.R. and Smith, R.I.L. (2010): Accidental transfer of non-native soil organisms into Antarctica on construction vehicles. *Biol. Invasions*, **12**, 875–891, 10.1007/s10530-009-9508-2.
- Hulme, P.E., Bacher, S., Kenis, M., Klotz, S., Kühn, I., Minchin, D., Nentwig, W., Olenin, S., Panov, V., Pergl, J., Pyšek, P., Roques, A., Sol, D., Solarz, W. and Vilà, M. (2008): Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. *J. Appl. Ecol.*, **45**, 403–414, doi: 10.1111/j.1365-2664.2007.01442.x.
- Hulme, P.E. (2011): Biosecurity: the changing face of invasion biology. Fifty years of invasion ecology: the legacy of Charles Elton, ed. by D.M. Richardson, Oxford, Wiley-Blackwell, 301–314.
- Hulme, P.E., Pyšek, P. and Winter, M. (2012): Biosecurity on thin ice in Antarctica. *Science*, **336**, 1102–1104, doi: 10.1126/science.336.6085.1102-b.
- IAATO (2011): Boot, clothing and equipment decontamination guidelines for small boat operations, (online), http://iaato.org/c/document_library/get_file?uuid=2527fa99-b3b9-4848-bf0b-b1b595ecd046&groupId=10157.
- IAATO (2012): Tourism Statistics, International Association of Antarctica Tour Operators, (online), http://www.iaato.org/tourism_stats.html.
- IUCN (2000): Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss caused by Alien Invasive Species, The International Union for Conservation of Nature, (online), <http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/Rep-2000-052.pdf>.
- Jones, E. (1977): Ecology of the feral cat, *Felis catus* L., Carnivora, Felidae on Macquarie Island. *Aust. Wildlife Res.*, **4**, 249–262, doi: 10.1071/WR97770249.
- Lee, J.E. and Chown, S.L. (2009a): Breaching the dispersal barrier to invasion: quantification and management. *Ecological Applications*, **19**, 1944–1959.
- Lee, J.E. and Chown, S.L. (2009b): Quantifying the propagule load associated with the construction of an Antarctic research station. *Antarct. Sci.*, **21**, 471–475, doi: 10.1017/S0954102009990.
- Mack, R.N., Simberloff, D., Lonsdale, W.N., Evans, H., Clout, M. and Bazzaz, F.A. (2000): Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecol. Appl.*, **10**, 689–710, doi: 10.1890/1051-0761(2000)010[0689:BICEGC]2.0.CO;2.
- Molina-Montenegro, M.A., Carrasco-Urra, F., Rodrio, C., Convey, P., Valladares, F. and Gianoli, E. (2012): Occurrence of the non-native annual bluegrass on the Antarctic Mainland and its negative effects on native plants. *Conserv. Biol.*, **26**, 717–723, doi: 10.1111/j.1523-1739.2012.01865.x.
- Olech, M. and Chwedorzewska, J.K. (2011): The first appearance and establishment of an alien vascular plant in natural habitats on the forefield of a retreating glacier in Antarctica. *Antarct. Sci.*, **23**, 153–154, doi: 10.1017/S0954102010000982.
- Parks and Wildlife Service Tasmania (2006): Macquarie Island Nature Reserve and World Heritage Area Management Plan 2006. Hobart, Department of Tourism, Arts and the Environment, 176 p.
- Potter, S. (2006): The Quarantine Management of Australia's Antarctic Program. *Australasian J. Environ. Manage.*, **13**, 185–195, doi: 10.1080/14486563.2006.9725131.
- Potter, S. (2009): Protecting Antarctica from Non-Native Species: the Imperatives and the Impediments. The Yearbook of Polar Law, ed. By G. Alfredson and T. Koivurova. Leiden, Martinus Nijinhoff, v. **1**, 383–400.
- Pugh, P.J.A. (1994): Non-indigenous Acari of Antarctica and the sub-Antarctic islands. *Zool. J. Linn. Soc.*, **110**, 207–217, doi: 10.1111/j.1096-3642.1994.tb02015.x.
- Rounsevell, D. (1978): Populations of introduced arthropods at Australian Antarctic stations. *Pacific Insects*, **18**, 199–202.
- SATCM (1991): Conservation of Antarctic fauna and flora (Protocol on environmental protection to the Antarctic Treaty: Annex II), XI-4 SATCM, Madrid, adopted Oct. 4, 1991 (online), http://www.ats.aq/documents/recatt\432_e.pdf.

- SATCM (2011): Final Report of the Thirty-Fourth Antarctic Treaty Consultative Meeting, Buenos Aires, (online), http://www.ats.aq/documents/ATCM34/fr/ATCM34_fr002_e.pdf.
- Scott, J.J. and Kirkpatrick, J.B. (2008): Rabbits, landslips and vegetation change on the coastal slopes of subantarctic Macquarie Island, 1980–2007: implications for management. *Polar Biol.*, **31**, 409–419, doi: 10.1007/s00300-0007-0367-y.
- Skira, I.J. (1978): Reproduction of the rabbit *Oryctolagus cuniculus* L. on Macquarie Island, Subantarctic. *Aust. Wildlife Res.*, **5**, 317–326, doi: 10.1071/WR9780317.
- Skira, I.J., Brothers, N.P. and Copson, G.R. (1983): Establishment of the European rabbit flea on Macquarie Island. *Aust. Wildlife Res.*, **10**, 121–127.
- Skotnicki, M.L., Selkirk, P.M., Kitajima, E., McBride, T.P., Shaw, J. and Mackenzie, A. (2003): The first subantarctic plant virus report: Stilbocarpa mosaic bacilliform badnavirus (SMBV) from Macquarie island. *Polar Biol.*, **26**, 1–7, doi: 10.1007/s00300-002-0421-8.
- Smith, R.I.L. and Richardson, M. (2011): Fuegian plants in Antarctica: natural or anthropogenically assisted immigrants? *Biol. Invasions*, **13**, 1–5, doi: 10.1007/s10530-010-9784-x.
- Tin, T., Fleming, Z.L., Hughes, K.A., Ainley, D.G., Convey, P., Moreno, C.A., Pfeiffer, S., Scott, J. and Snape, I. (2009): Impacts of local human activities on the Antarctic environment. *Antarct. Sci.*, **21**, 3–33, doi: 10.1017/S0954102009001722.
- 辻本 恵 (2010): 南極半島観光船における外来種対策. *南極資料*, **54**, 236–244.
- Tsujimoto, M. and Imura, S. (2012): Does a new transportation system increase the risk of importing non-native species to Antarctica? *Antarct. Sci.*, **24**, 441–449, doi: 10.1017/S0954102012000272.
- United Kingdom. (2009): Procedures for vehicle cleaning to prevent transfer of non-native species into and around Antarctica. Working Paper 32. Committee for Environmental Protection XII, Antarctic Treaty Consultative Meeting XXXII, Baltimore, USA, 6–17 April 2009.
- Ware, C., Bergstrom, D.M., Müller, E., and Inger, A.G. (2011): Humans introduce viable seeds to the Arctic on footwear. *Biol. Invasions*, **14**, 567–577, doi: 10.1007/s10530-011-0098-4.
- Whinam, J., Chilcott, N. and Bergstrom, D.M. (2005): Subantarctic hitchhikers: expeditioners as vectors for the introduction of alien organisms. *Biol. Conserv.*, **121**, 207–219, doi: 10.1016/j.biocon.2004.04.020.